

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-331998

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
C23C 16/511  
C23F 4/00  
H01L 21/205  
H05H 1/46

(21)Application number : 11-141732

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 21.05.1999

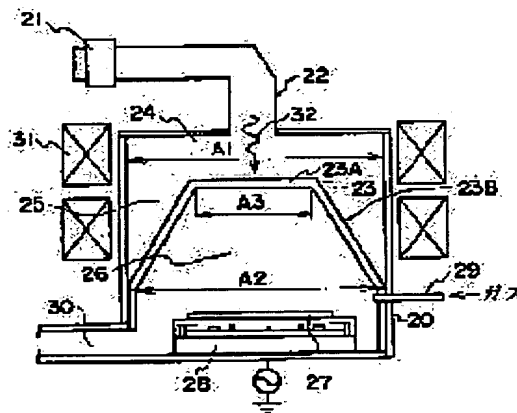
(72)Inventor : KAZUMI HIDEYUKI  
FURUSE MUNEO  
SAKAGUCHI MASAMICHI

## (54) PLASMA PROCESSING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a plasma uniform over a wide power region.

**SOLUTION:** In a plasma processing device, a plasma processing chamber 26 is provided inside a metal vessel 20, and an object 27 is placed in the plasma processing chamber 26. Micro-waves 32 are introduced in the plasma processing chamber 26, and a magnetic field is formed by a coil 31. So that a plasma is generated by interaction between the magnetic field and the micro-waves. In such a plasma processing device, a circular truncated vacuum vessel 23 of dielectrics is provided, and the plasma processing chamber 26 is formed in the vacuum vessel 23. The top surface 23A of the vacuum vessel 23 is smaller than a cross-sectional area A1 of a top part in the metal vessel 20, and a gap part 25 is formed between the metal vessel 20 and the vacuum vessel 23. As a result the micro-waves are introduced even through the gap part 25.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

(P2000-331998A)

(43)公開日 平成12年11月30日(2000.11.30)

テーマコート\* (参考)

B 4K030

4 K 0 5 7

D 5 F 0 0 4

5 F 0 4 5

C

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全 7 頁)

(71)出題人 000005108

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 發明者 數見 秀之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 古瀬 宗雄

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社  
日立製作所笠戸工場内

(74) 代理人 100098017

井理士 吉岡 宏嗣

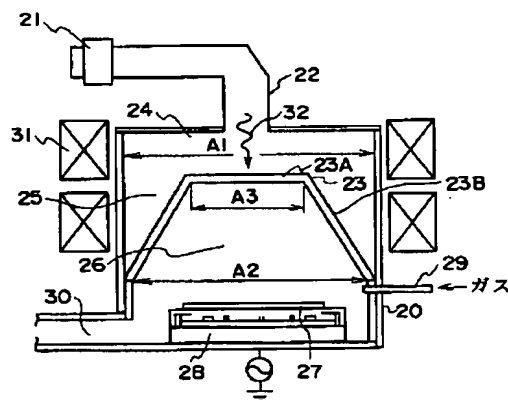
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 広いパワー領域で均一なプラズマを実現する。

【解決手段】 プラズマ処理装置は、金属製容器２０の内側にプラズマ処理室２６が設けられ、このプラズマ処理室２６に被処理物２７が設置されている。またプラズマ処理室２６には、マイクロ波３２が導入され、コイル３１によって磁場が形成される。そして磁場とマイクロ波との相互作用によってプラズマが発生する。このようなプラズマ処理装置において、誘電体からなる円錐台形状の真空容器２３を設け、真空容器２３内にプラズマ処理室２６を形成する。真空容器２３の上面２３Ａは金属製容器２０内上部の横断面積Ａ１よりも小さく、金属製容器２０と真空容器２３との間には空隙部２５が形成される。これにより、空隙部２５を介してもマイクロ波が導入されるようになる。



- 20 : 金属製容器
- 21 : マイクロ波発生源
- 22 : 導波管
- 23 : 真空容器
- 24 : マイクロ波導入部
- 25 : 空隙部
- 26 : プラズマ処理室
- 27 : 被処理物
- 31 : コイル

# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属製容器と、該金属製容器の内側に設けられ、ガスが供給され且つ内部に被処理物が設置される処理室と、マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記処理室に導入するマイクロ波導入手段と、前記処理室に磁場を形成する磁場形成手段とを備え、マイクロ波と磁場との相互作用によって前記処理室内にプラズマを発生させるプラズマ処理装置において、

上面が平面形状をなした誘電体の真空容器で前記処理室を形成するとともに、前記真空容器上面の面積を前記金属製容器内の上部空間の横断面積よりも小さくし、且つ前記真空容器の下部の横断面積を上部の横断面積よりも大きくして、前記金属製容器と前記真空容器との間に空隙部を形成し、前記空隙部を介してもマイクロ波が導入される構成としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記真空容器は、円錐台形状をなしていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記真空容器は、上部から下部に階段状に広がった形状をなしていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記空隙部は真空封じされているか、もしくは誘電体が充填されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】 請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記真空容器の上面には、該真空容器内へのマイクロ波の入射を制限する金属板が設置されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】 請求項5に記載のプラズマ処理装置において、

前記金属板にはスリット開口部が形成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はプラズマ処理装置に係り、特に、プラズマを利用して被処理物に対してエッチング、CVD、アッシング等の処理を行うプラズマ処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、マイクロ波と磁場とによって電子サイクロトロン共鳴 (Electron Cyclotron Resonance) を起こさせて、プラズマを発生させるプラズマ発生方式 (以下、ECR方式という) が知られている。このECR方式を用いたプラズマ処理装置は、低ガス圧で高密度プラズマを生成できることから、半導体処理工程で多く利用されている。そして、半導体デバイス集積度が

増加するにつれ、加工する被処理物であるウエハ径の拡大、回路パターンの微細化が進んでおり、次世代では、特に大面積のウエハ (φ300) を加工する必要があり、大面積均一プラズマ密度を実現できるプラズマ処理装置が求められている。

【0003】従来のプラズマ処理装置としては、図6に示すような空洞共振器型のプラズマ処理装置がある。このプラズマ処理装置では、マイクロ波を発生するマイクロ波発生源1が設けられ、発生したマイクロ波2は導波管3を介して空洞共振部4へ導入される。空洞共振部4ではマイクロ波2を大気中で共振させてプラズマ処理室5へ導入する。プラズマ処理室5と空洞共振部4の間には、プラズマ処理室5内を大気から分離して真空に封止するとともにマイクロ波2を通過させる導入窓 (誘電体) 6が設けられている。また、プラズマ処理室5内に磁場7を形成するためのコイル8と、プラズマ処理室5内にガスを供給するためのガス供給部9が設けられている。そして、プラズマ処理室5内ではマイクロ波2と磁場7との相互作用によってプラズマを発生させ、内部に設置された被処理物10に対して処理を行うことができるようになっている。

【0004】また、スリットアンテナを導入窓上面に設けたタイプのプラズマ処理装置もある。このスリットアンテナには複数のスリットが形成され、各スリットがマイクロ波の電界と直交するようスリットアンテナを設けることによって、特定のマイクロ波モードのみを通過させることができる。例えば、TE<sub>01</sub>モードを通過させる場合には、スリットアンテナの中心から放射状にスリットを形成する。その他、スリットの形状を工夫したり、スリットをスリットアンテナ周辺部に形成したりすることによって、マイクロ波を周辺部から導入することも可能となっている。

【0005】さらに、プラズマ処理室を石英で形成するとともに、上面を半球状のベルジャーとしたプラズマ処理装置が提案されている (例えば、特開平2-174223号公報、特開平3-104889号公報、特開平3-183788号公報、特開平4-390号公報および特開平8-78345号公報など)。また、プラズマ処理室を石英で形成するとともに円柱形状としたプラズマ処理装置も提案されている (例えば、特開平5-339759号公報など)。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】マイクロ波と磁場を用いてプラズマを発生させるECR方式は次のような特徴を持つ。すなわち、プラズマは一種の損失性 (吸収体) 媒質であり、プラズマ中にマイクロ波が入射するとその波長がプラズマ密度に応じて変化する。その一方でマイクロ波はプラズマに吸収されるため、マイクロ波の伝播特性は、導入されたモードとは大きく異なる。マイクロ波伝播の特性として、遮断と共鳴の存在が挙げられる。

2.45GHzのマイクロ波の場合は、遮断はプラズマ密度 $7.5 \times 10^{16}/\text{m}^3$ （これをカットオフ密度という）で起こり、磁場が存在しない場合は、これ以上密度の高い所に伝播できない。また外部磁場875Gauss 近傍で、電子サイクロトロン共鳴によって電子に波のエネルギーを与え、共鳴吸収される。

【0007】上記特性に基づいてプラズマ密度分布が変化する。このプラズマ密度分布の変化を、図6に示した空洞共振器型のプラズマ処理装置の場合について説明する。図7は入射マイクロ波のパワーが低い場合のマイクロ波電界強度（単位：任意単位）を、図8は同じく入射マイクロ波のパワーが低い場合のプラズマ密度分布（単位： $\text{m}^3$ ）をそれぞれ示している。図7および図8共に $r-z$ 断面を等高線で示してある。ここで、 $r$ はプラズマ処理装置の径方向であり、 $z$ は軸方向である。

【0008】入射マイクロ波のパワーが小さく、プラズマ密度が全体としてカットオフ密度より低い場合、マイクロ波はプラズマ中で吸収されながらも下流側の電極部分にも達し、そこで反射され、上部の空洞共振部もしくはマイクロ波導入窓でさらに反射され、プラズマ中には定在波が立つ。この定在波の形は、主としてプラズマ処理室の高さおよび幅で決まる。プラズマはこの波による衝突加熱で生成されるとともに、外部磁場が875Gauss となる領域付近（ECR位置という）でECR共鳴によって生成される。プラズマ中には、先の定在波のモードに加え、ECR位置での共鳴による波とを合わせた波が立つ。この場合、波の強度は基本的には径方向中心部分が強くなり、その結果、プラズマ密度も中央部が高くなり、下流にある電極上では、上に凸型のプラズマ密度分布となる。

【0009】図9および図10は上記と同じ体系で入射マイクロ波のパワーを変化させたときのプラズマ密度分布（単位： $\text{m}^3$ ）を示し、導入窓付近のプラズマ密度が、図9はカットオフ程度、図10はカットオフよりも十分高い場合である。マイクロ波のパワーを上げると、図9に示すように、径方向の中心部分は先のカットオフ密度を超えるようになる。この部分で波のエネルギーが吸収される一方、これより下流には伝播し難くなるため、波は径方向の周辺部を通して下流領域に伝播する。波は導入窓とECR面との間の全面にわたって吸収されるので、プラズマは比較的一様に生成され、下流領域でのプラズマ密度は比較的平坦である。よりパワーを上げると、図10に示すように、波は主として導入窓直下で吸収される。その時、導波管の下部分の電界強度が大きいため、プラズマ密度は中心部分で高くなり、上に凸型のプラズマ密度分布となる。

【0010】このように、図6に示した空洞共振器型のプラズマ処理装置においては、マイクロ波の入射パワーを上げていくと、プラズマ密度分布が凸型→比較的平坦→凸型と変化してしまい一定にならない。これは、マイ

クロ波の入射位置をプラズマ処理室の上部に限定していることが要因である。

【0011】また、スリットアンテナを設けたプラズマ処理装置では、プラズマ中では、誘電率が真空中とは異なるため、スリットを透過した波だけが必ずしも励振されるとは限らない。そのため、前述の空洞共振器型のプラズマ処理装置の場合と同じようなプラズマ密度分布変化を示すことになる。しかも、特定のモードのマイクロ波を外周部から供給して、外周部にリング状のプラズマを生成させようとして、スリットを周方向に切つてそのスリットを特定の角度で傾けた場合、カットオフ密度以下では、波はプラズマを通過して下流まで伝播し、金属であるスロットアンテナが一方の反射端になるため、スロットアンテナと基板の間に定在波が立つことがある。その結果、異常放電が起こる恐れがある。

【0012】さらに、プラズマ処理室を石英からなる半球状のベルジャーとしたものでは、伝播してきたマイクロ波が初めてプラズマに接するのがベルジャーの中心部分になるため、その部分でプラズマを生成し易く、また、プラズマは容器の形に従うので、中央部での密度が高くなる。その結果、上に凸型のプラズマ分布となり易い。また、プラズマ処理室を石英からなる円柱形状にしたものでは、マイクロ波にとって境界条件が急激に異なるため通常反射が起こり、処理室と金属容器（導波管）を伝ってマイクロ波は伝播しない。そのため、プラズマを下流領域で生成することが困難となる。

【0013】以上のように従来のプラズマ処理装置では、低パワーから高パワーまでの広いパワー領域でプラズマの均一性を制御することは困難である。

【0014】本発明の課題は、広いパワー領域で均一なプラズマを実現することのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、金属製容器と、該金属製容器の内側に設けられ、ガスが供給され且つ内部に被処理物が設置される処理室と、マイクロ波発生源からのマイクロ波を前記処理室に導入するマイクロ波導入手段と、前記処理室に磁場を形成する磁場形成手段とを備え、マイクロ波と磁場との相互作用によって前記処理室内にプラズマを発生させるプラズマ処理装置において、上面が平面形状をなした誘電体の真空容器で前記処理室を形成するとともに、前記真空容器上面の面積を前記金属製容器内の上部空間の横断面積よりも小さくし、且つ前記真空容器の下部の横断面積を上部の横断面積よりも大きくして、前記金属製容器と前記真空容器との間に空隙部を形成し、前記空隙部を介してもマイクロ波が導入される構成としたことを特徴としている。

【0016】低密度領域でプラズマ密度が均一となるように、まず処理室形状を特定する必要があり、また同時

に高密度領域で均一にするためには、マイクロ波を周辺部からも導入させる必要がある。これらを実現するためには、マイクロ波の吸収機構である衝突加熱とECR共鳴加熱とを分離して用いることが考えられる。この手段として、マイクロ波がプラズマに初めて到達する距離や、またECR位置に到達するまでの実効距離を径方向または高さ方向に変化させればよい。例えば、図5のように真空容器を誘電体で形成するとともに円錐台形状とする。円錐台形状の真空容器は、その上面の面積が金属製容器内の上部空間の横断面積A1より小さく、かつ下部の横断面積A2が上部の横断面積A3よりも大きい。

【0017】このように構成すれば、真空容器の横断面積が高さ方向で変化しているために、マイクロ波が最初にプラズマに到達するまでの距離およびECR面までの実効距離（プラズマ中ではマイクロ波の波長が短くなるため、空隙部を通る時とプラズマ中を通る時では実効距離が異なる）を、径方向で変化させることができる。このうち前者は主としてマイクロ波分布（衝突加熱）に、後者はECR共鳴加熱分布に関係するため、真空容器を上記のように構成することによって、2つの加熱機構を制御することができる。

【0018】ECR位置は、磁場形成手段で動かすことによってプラズマ生成位置を高さ方向と径方向で制御することができる。また真空容器が円錐台形状であるため、金属製容器と真空容器との間に空隙部の横断面積が滑らかに変化することになり、マイクロ波の反射を減らすことができる。

【0019】低密度領域では、真空容器がテーパ状に広がっていることを利用し、ECR位置を上側に配置し、拡散によってプラズマの均一化を図る。高密度領域では、真空容器直下で既にカットオフ以上の密度に達しているため、マイクロ波は真空容器の中央部を伝播し難く、真空容器と金属製容器の間の空隙部を伝播する。このように周辺部を伝播するマイクロ波は、プラズマ中に入ると直ぐにECR面に達するので、周辺部にもプラズマが生成できることになる。ECR上下方向の位置制御とを合せると、上に凸型または凹型、平坦等のプラズマ分布制御が可能となる。

【0020】真空容器は、上記のように円錐台形状だけでなく、上部から下部に階段状に広がった形状をなしていても、上記と同様な作用効果を得ることができる。

【0021】また、金属製容器と真空容器との間の空隙部は真空封じされていてもよいし、誘電体が充填されていてもよい。

【0022】さらに、本発明では、前記真空容器の上面に、該真空容器内へのマイクロ波の入射を制限する金属板が設置されていることを特徴としている。このように構成すると、周辺部でのマイクロ波吸収が相対的に強められるため、プラズマ分布のより一層の均一化を図ることができるとともに、分布制御がし易くなる。前記金属

板にはスリット開口部が形成されていてもよい。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に従って説明する。

（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態1によるプラズマ処理装置の構成を示している。金属製容器20の上部には、プラズマ発生源21に接続された導波管22が取り付けられ、また金属製容器20の内側には、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等の誘電体で形成された真空容器23が設けられている。真空容器23は円錐台形状をなしており、その上面23Aが平面上に形成され、かつ上面23Aの面積が金属製容器20内上部のマイクロ波導入部24の横断面積A1よりも小さく設定されている。さらに、真空容器23の下部の横断面積A2は上部の横断面積A3よりも大きくなっており、金属製容器20の内壁と真空容器23の外壁との間には空隙部25が形成されている。なお、空隙部25は真空に封じされていてもよいし、誘電体を詰めてもよい。

【0024】真空容器23の内部にはプラズマ処理室26が形成され、このプラズマ処理室26の下部に、被処理物27を支持する支持台（電極）28が設けられている。また、プラズマ処理室26にはガス導入系29と排気系30が取り付けられ、ガス導入系29を介してプラズマ処理室26にガスが導入されるとともに、プラズマ処理室26内のガスは排気系30によって排気される。

【0025】また、金属製容器20の外周にはコイル31が設置され、このコイル31に電流を流すことによってプラズマ処理室26内には磁場が形成されるようになっている。

【0026】上記構成において、マイクロ波発生源21で発生したマイクロ波32は、導波管22を通して金属製容器20内の上部にあるマイクロ波導入部24に導かれ、マイクロ波導入部24から真空容器23内に導入される。このとき、金属製容器20と真空容器23のテーパ面23Bとの間に空隙部25が形成されているので、マイクロ波32は空隙部25へも回り込んで伝播する。この空隙部25をマイクロ波32が伝播する時、一部は吸収されるが、空隙部25の間隔が下流方向に向かうにつれ小さくなっているため、電界強度は強くなり、マイクロ波32を下流側にも伝播させることができ、プラズマの均一化を図ることができる。

【0027】（実施の形態2）図2は、本発明の実施の形態2によるプラズマ処理装置の構成を示している。本実施の形態では、金属製容器20の内側に設けられた真空容器が、上部から下部に階段状に広がった形状をなしている。すなわち、真空容器40は、横断面積A4の大円筒部40Aと、該大円筒部40Aの上部に設けられ、横断面積A4よりも小さい横断面積A5の小円筒部40Bとからなっている。小円筒部40Bの上面40Cの面積は、金属製容器20内上部のマイクロ波導入部24の

横断面積A1よりも小さく設定されている。また真空容器40は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等の誘電体で形成されている。他の構成は実施の形態1の場合と同じである。

【0028】上記構成において、金属製容器20と小円筒部40Bの側面との間に空隙部41が形成されているので、マイクロ波32は空隙部41へも回り込んで伝播し、これにより、プラズマの均一化を図ることができる。

【0029】なお、本実施の形態では、真空容器40が大円筒部40Aと小円筒部40Bの2段であったが、3段以上に構成してもよい。

【0030】(実施の形態3) 図3は、本発明の実施の形態3によるプラズマ処理装置の構成を示している。本実施の形態では、実施の形態1で示した真空容器23の上面23Aに、円形の金属板50が設置されている。他の構成は実施の形態1の場合と同じである。

【0031】金属板50には、図4に示すように、スリット50Aが金属板50の中心部から放射状に複数本形成されている。

【0032】上記構成において、金属板50は真空容器23内へのマイクロ波32の入射を制限しているので、金属板50周辺部でのマイクロ波吸収が相対的に強められることになり、プラズマ分布のより一層の均一化を図ることができるとともに、分布制御がし易くなる。

【0033】なお、金属板50はスリット50Aが形成されてないものであってもよい。また、金属板50にはスリット50Aを放射状だけでなく、金属板50の周方向に沿って形成することもできる。

【0034】また、上記実施の形態1～3によれば、真空容器を円錐台形状もしくは階段状にしたことにより、マイクロ波がプラズマに到達する位置を高さ方向で変化(ランダムに変化)させることができ、これにより、特定のモードが励振されたり、共振したりしにくくなる。その結果、異常放電や局所的にプラズマが高くなることを防ぐことができる。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、真空容器はその横断面積が高さ方向で変化しているので、マイクロ波が最初にプラズマに到達するまでの距離およびECR面までの実効距離を径方向で変化させることができる。その結果、低パワーから高パワーまでの広いパワー領域でプラズマの均一性を制御することが可能

となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1によるプラズマ処理装置の構成図である。

【図2】本発明の実施の形態2によるプラズマ処理装置の構成図である。

【図3】本発明の実施の形態3によるプラズマ処理装置の構成図である。

【図4】スリットを有する金属板の上面図である。

【図5】本発明の原理を説明するための模式図である。

【図6】従来のプラズマ処理装置の構成図である。

【図7】従来のプラズマ処理装置での電界強度を示した図である。

【図8】従来のプラズマ処理装置での小パワー時のプラズマ密度を示した図である。

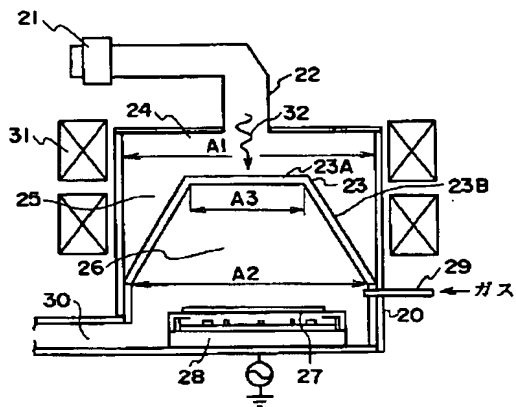
【図9】従来のプラズマ処理装置での中パワー時のプラズマ密度を示した図である。

【図10】従来のプラズマ処理装置での高パワー時のプラズマ密度を示した図である。

【符号の説明】

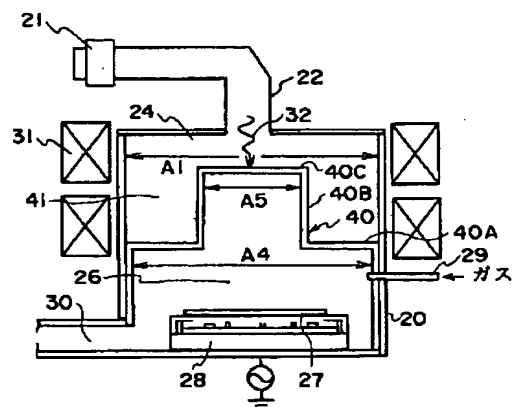
- 20 金属製容器
- 21 マイクロ波発生源
- 22 導波管
- 23 真空容器
- 23A 上面
- 23B テーパー面
- 24 マイクロ波導入部(マイクロ波導入手段)
- 25 空隙部
- 26 プラズマ処理室
- 27 被処理物
- 28 支持台
- 29 ガス導入系
- 30 排気系
- 31 コイル(磁場形成手段)
- 40 真空容器
- 40A 大円筒部
- 40B 小円筒部
- 40C 上面
- 41 空隙部
- 50 金属板
- 50A スリット

【図1】



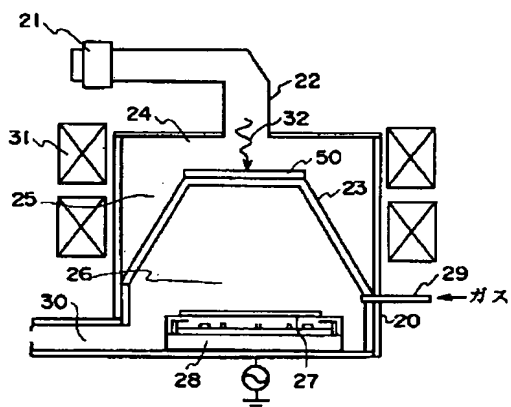
- 20 : 金属製容器
- 21 : マイクロ波発生源
- 22 : 導波管
- 23 : 真空容器
- 24 : マイクロ波導入部
- 25 : 空隙部
- 26 : プラズマ処理室
- 27 : 被処理物
- 31 : コイル

【図2】



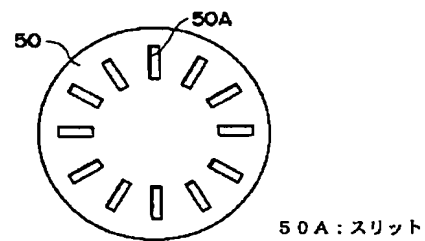
- 40 : 真空容器
- 40A : 大円筒部
- 40B : 小円筒部
- 41 : 空隙部

【図3】

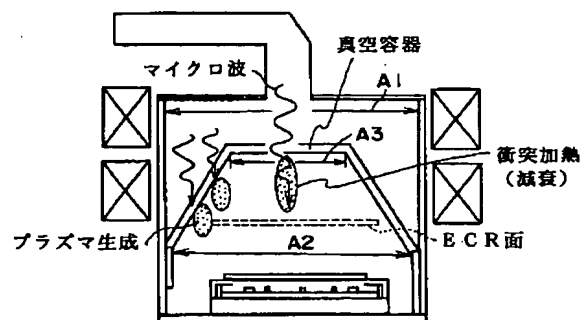


50 : 金属板

【図4】

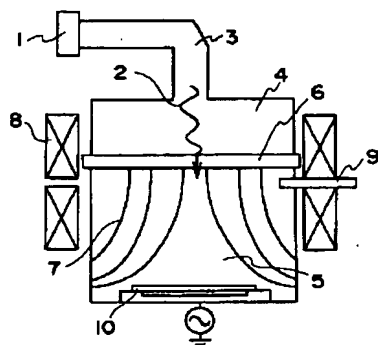


【図5】

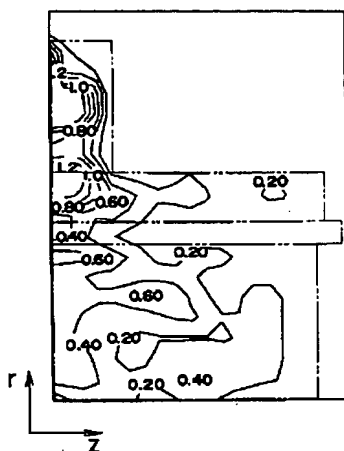




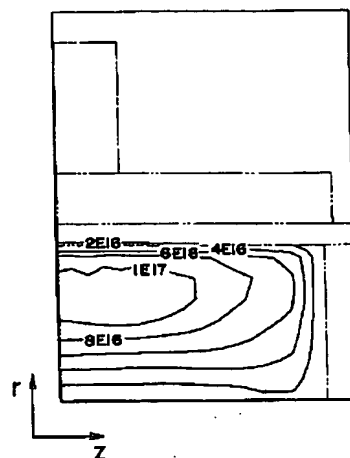
【図6】



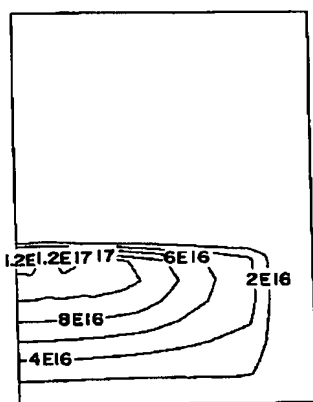
【図7】



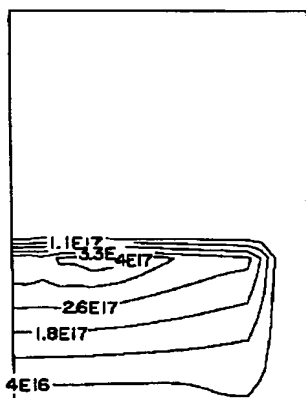
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 坂口 正道  
山口県下松市大字東豊井794番地 日立笠  
戸エンジニアリング株式会社内

F ターム(参考) 4K030 FA02 KA09  
4K057 DA16 DD01 DM29  
5F004 AA01 BA14 BA15 BB07 BB11  
BD01 BD04  
5F045 AA10 DP04 EB02 EC01 EH02  
EH03 EH17 EH19